

**DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMAR FOSFAT DI DESA BULUH CINA  
SUNGAI KAMPAR MENGGUNAKAN *SOFTWARE* QUAL2KW****Winda Yulisa\*, Sri Fitria Retnawaty, Noni Febriani***Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Riau, Jl. Tuanku Tambusai,  
Pekanbaru 28294 telp. (0761) 839577, Indonesia**\*email: 150203015@student.umri.ac.id\_***ABSTRAK**

Penelitian ini tentang menghitung daya tampung beban pencemar fosfat di Desa Buluh Cina Sungai Kampar menggunakan *software* Qual2kw. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah *purposive sampling method*. Penelitian ini dilakukan di 3 titik pada permukaan sungai. Hasil dari perhitungan daya tampung sungai untuk titik 1 sebesar 66,946 kg/hari, di titik 2 sebesar 61,685 kg.hari, dan untuk titik 3 sebesar 62,156 kg/hari. Berdasarkan hasil perhitungan daya tampung sungai di 3 titik didapatkan bahwa Sungai Kampar masih dapat menampung beban pencemar khususnya fosfat sebesar 63,596 kg/hari. Dan sungai ini masih bisa menampung beban pencemar fosfat maksimal sebanyak 4 kali lipat yaitu mencapai 5,251 kg/hari di saat ini.

**Kata Kunci** : Daya tampung sungai, Fosfat, Qual2kw.**ABSTRACT**

This research is about calculating the load carrying capacity of phosphate pollutants in Buluh Cina Village, Kampar River using Qual2kw software. The method used in this research is and purposive sampling method. This research was conducted at 3 points on the river surface. The results of the calculation of river capacity for point 1 are 66,946 kg / day, at point 2 it is 61,685 kg / day, and for point 3 it is 62,156 kg / day. Based on the calculation results of river capacity at 3 points, it is known that the Kampar River is still able to accommodate the pollutant load, especially phosphate, which is 63,596 kg / day.

**Keywords:** Phosphate, River Capacity, Qual2kw**PENDAHULUAN**

Sungai merupakan perairan umum yang dimanfaatkan dalam berbagai aktivitas yang dilakukan oleh masyarakat. Sungai juga bisa berfungsi sebagai sumber di daerah aliran sungai, pembudidayaan ikan, industri, rekreasi, perternakan dan transportasi. Sungai Kampar termasuk salah satu sungai penting yang terdapat di Provinsi Riau. Aktivitas yang dilakukan masyarakat Sungai Kampar khususnya Kecamatan Siak Hulu berupa pertanian 52 Ha, perkebunan 9400 Ha, perikanan yang terdapat tambak sepanjang 15 Ha, objek wisata dan industri yang meningkat dari tahun ke tahun (BPS, 2018).

Peningkatan ini dikarenakan bertambahnya jumlah penduduk salah satunya di Kecamatan Siak Hulu. Kecamatan Siak Hulu merupakan salah satu kecamatan yang berada di sekitar Sungai Kampar, yang terdiri dari 12 desa salah satunya ialah Buluh Cina. Disekitar sungai yang ada di Desa Buluh Cina terdapat 100 unit keramba ikan, dimana setiap harinya kegiatan ini memberikan pakan ikan sebanyak 10 kg per keramba. Pemberian pakan ikan menghasilkan zat sisa berupa fosfat. Tingginya kandungan fosfat diperairan sungai mengakibatkan terjadinya *algae blooming*, sehingga efek yang terjadi ialah berkurangnya oksigen yang masuk ke dalam perairan dan terganggunya ekosistem yang ada diperairan sungai (Ndani, 2016). Segala aktivitas yang dilakukan masyarakat di sungai akan menghasilkan limbah. Limbah tersebut akan tercampur ke dalam sungai. Peningkatan limbah dapat mengakibatkan sungai memiliki beban pencemar yang lebih besar dan hal tersebut berpengaruh pada kualitas air sungai, karena masing-masing sungai memiliki batas toleransi daya tampung.

Pemantauan kandungan fosfat oleh Syofyan & Nasution, pada tahun 2011 diperoleh kandungan fosfat yang melebihi kadar baku mutu air kelas II. Kandungan fosfat yang berlebih terjadi pada daerah pengembangan perikanan disekitar balai benih ikan (BBI) Teso. Unsur fosfat yang melebihi baku mutu sangat terkait dengan pemberian pakan pada aktivitas budidaya perikanan dan pemakaian pupuk pada perkebunan.

Maka dari itu pada penelitian kali ini akan dilakukan perhitungan daya tampung beban pencemar fosfat dari aktivitas disekitar Sungai Kampar Desa Buluh Cina. Pemodelan daya tampung menggunakan QUAL2Kw. QUAL2Kw merupakan program komputer yang membuat simulasi model dari parameter kualitas air. Program ini akan mempresentasikan sebuah sungai sebagai saluran satu dimensi dengan beban *nonuniform*, aliran tunak (*steady flow*) dan membuat simulasi beban polutan baik dari *point source* maupun *nonsource* (Pelletier, 2008).

## **METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **A. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei yang bersifat deskriptif. Menurut Notoadmodjo (2002), dalam metode survei, penelitian tidak dilakukan pada seluruh obyek yang dikaji, tetapi hanya mengambil dari populasi (sampel). Sedangkan deskriptif, merupakan penelitian yang dilakukan dengan tujuan membuat gambaran suatu keadaan secara objektif. Dengan demikian penelitian ini

menggunakan air permukaan sungai dari aktivitas keramba ikan yang ada di Sungai Kampar Desa Buluh Cina untuk diteliti kandungan fosfat.

B. Metode Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Metode penentuan titik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling method*. menurut Sudjana (1996) *purposive sampling* yaitu memilih objek-objek berdasarkan penilaian tertentu yaitu menentukan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tujuan dan sasaran penelitian. Dengan demikian pengambilan titik sampel dilakukan pada 3 titik pengambilan sampel.

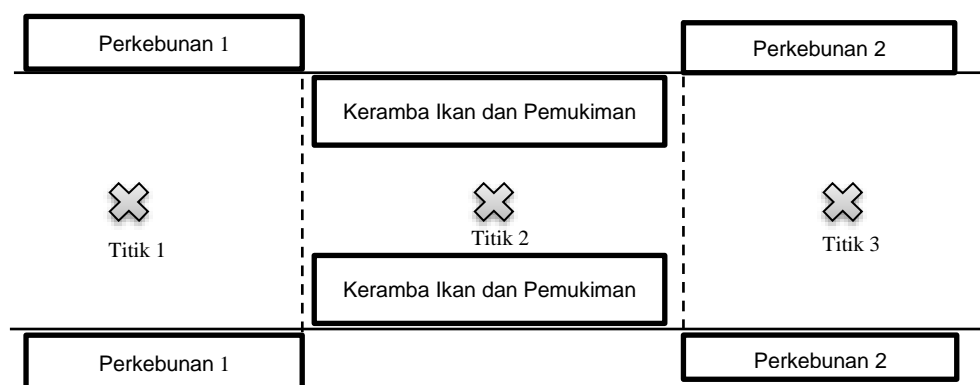
Titik pertama dilakukan di bagian hulu Sungai Kampar, titik kedua pada bagian tengah sungai, sedangkan titik ke 3 dilakukan dibagian hilir sungai. Sketsa titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.

C. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data untuk penelitian ini sebagai berikut:

a. Pengambilan Data Kecepatan Arus

Pengambilan data kecepatan arus sungai menggunakan alat ukur *current meter* sesuai dengan SNI 8066:2015.(Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia, 2015). Pengukuran kecepatan arus dilakukan di 3 titik pengambilan sampel yang telah ditentukan, dengan 10 kali penggulangan selama 5 menit di siang hari.



**Gambar 1.** Sketsa Titik Pengambilan Sampel

b. Pengambilan Data Kedalaman Sungai (H)

Pengambilan data kedalaman air Sungai menggunakan kabel lengkap dengan alat penggulung dan petunjuk kedalaman sesuai dengan SNI 8066:2015 (Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia, 2015). Pengukuran kedalaman sungai

dilakukan di 3 titik pengambilan sampel yang telah ditentukan dengan 3 kali pengulangan.

c. Pengambilan Data Lebar Sungai (L)

Pengambilan data lebar Sungai Kampar menggunakan *Google Earth*. Pengukuran lebar sungai dilakukan di 3 titik pengambilan sampel yang telah ditentukan dengan 3 kali pengulangan.

d. Suhu

Pengukuran suhu air Sungai Kampar dilakukan menggunakan alat *thermometer* air sesuai dengan SNI 06-6989-23-2005. Pengukuran suhu dilakukan di 3 titik yang telah ditentukan dan di dua bagian air sungai yang telah diambil sampelnya, yaitu bagian permukaan air sungai. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

e. Pengambilan Sampel Air Sungai

Pengambilan sampel air dilakukan di permukaan sungai menggunakan botol sampel yang telah disediakan. Kemudian botol sampel di balut dengan *aluminium foil* dan diletakkan dalam *ice box*. Pengambilan sampel air permukaan sungai dilakukan berdasarkan SNI 6989.57:2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2005).

f. Pengambilan Data Kecepatan Angin dan Temperatur Udara

Pengambilan data kecepatan angin dan temperatur udara diperoleh dari data iklim harian BMKG.

D. Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan setelah semua data terkumpul. Perhitungan data untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Luas Penampang Sungai ( $A$ )

Perhitungan luas penampang sungai didapatkan dari hasil perkalian lebar Sungai (L) dengan kedalaman Sungai (H). Perhitungan Luas penampang sungai di hitung di semua titik yang telah ditentukan. Persamaan luas penampang dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$A_1 = L_1 \times H_1$$

Dimana:

$A_1$  : luas penampang titik 1

$L_1$  : lebar sungai titik 1

$H_1$  : kedalaman sungai Kampar titik 1

## 2. Debit Aliran Sungai (Q)

Perhitungan debit aliran Sungai dihitung sebanyak 3 titik yang telah di tentukan. Persamaan debit aliran sungai dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_1 = A_1 \times v_1..$$

Dimana:

$Q_1$  : Debit aliran sungai

$A_1$  : Luas Penampang

$v_1$  : Kecepatan Arus

## E. Menentukan Daya Tampung Sungai

Menentukan daya tampung sungai dilakukan dengan beberapa langkah yaitu:

### 1. Pengelolaan Data

Langkah awal untuk mengelola data menggunakan QUAL2Kw ialah dengan memasukkan data kondisi hidrolik sungai. Data hidrolik sungai berupa lebar sungai, kedalaman sungai, kecepatan arus sungai, dan debit aliran sungai kedalam lembar kerja *headwater*. Selain data hidrolik sungai, data analisa kandungan Fosfat dari laboratorium juga harus dimasukkan kedalam lembar kerja *hydraulic* data dan WQ data.

Setelah data-data dimasukkan data tersebut di runkan. Kemudian dilanjutkan dengan mengverifikasi model atau kalibrasi data, kalibrasi data hidrolik digunakan untuk pembentukan model data hidrolik berupa debit aliran sungai, kecepatan aliran sungai, dan kedalaman. Selanjutnya kalibrasi kualitas air, kalibrasi ini ditentukan oleh koefisien dari masing-masing parameter seperti fosfat.

### 2. Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan dengan tujuan data model mendekati data *input* pada program. Variasi data yang berbeda pada waktu yang berbeda pada kualitas air sungai dan kualitas air limbah menjadi alasan dilakukannya kalibrasi model. Model yang dikalibrasi berupa model hidrolik sungai.

### 3. Perhitungan Daya Tampung Sungai

Daya tampung pada prinsipnya ialah kemampuan badan air menerima beban pencemar tersebut. Kemampuan ini akan mempunyai *range* beban pencemar hingga maksimum yang ditoleransi oleh badan air penerima. Perhitungan daya

tampung sungai dilakukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima beban pencemar. Persamaan daya tampung sungai dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$DT = \text{Beban pencemar maksimum} - \text{Beban kondisi awal}$$

Persamaan beban pencemaran (BP) dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$BP = Q \times K$$

Dimana:

BP : Beban pencemar (kg/hari)

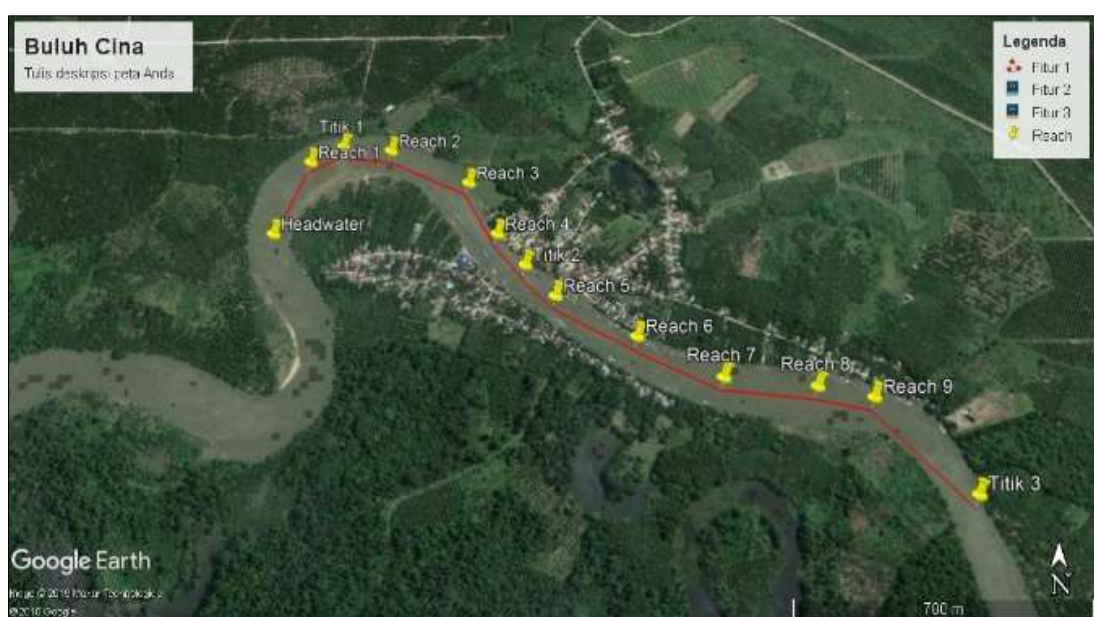
Q : Debit aliran sungai (m<sup>3</sup>/s)

K : Konsentrasi fosfat (mg/L)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penentuan Titik Pengambilan sampel

Titik-titik untuk pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 terdapat 3 titik pengambilan sampel dengan 9 *reach* yang di bagi sesuai dengan jarak yg ditentukan. Jarak dari *headwater* ke titik satu sepanjang  $\pm 333$  meter, jarak dari *headwater* ke titik 2 sepanjang  $\pm 1.014$  meter, dan untuk jarak *headwater* ke titik 3 sepanjang  $\pm 1.248$  meter.



Sumber : *google earth*

## **Gambar 2 Titik-Titik Pengambilan Sampel**

### **B. Hasil Pengumpulan Data**

Hasil Pengumpulan data didapatkan langsung di Sungai Kampar Desa Buluh Cina. Hasil data dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu data pengukuran, data sekunder, dan data perhitungan.

#### **1. Hasil pengumpulan data**

Hasil dari pengumpulan data dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan arus di titik 1 didapati kecepatan arus rata-rata sebesar 0,817 m/s, titik 2 sebesar 0,625 m/s dan untuk titik 3 sebesar 0,742 m/s. Berdasarkan hasil kecepatan arus dapat dilihat bahwa di titik 1 dan titik 2 mengalami penurunan kecepatan arus.

Pengukuran kedalaman sungai dilakukan dengan 3 kali pengulangan di setiap 3 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran di titik kedalaman sungai 1 dan 2 mempunyai kedalaman rata-rata yang sama yaitu 5,23 meter. Sedangkan untuk titik 3 mempunyai kedalaman rata-rata 5 meter. Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman sungai dapat dilihat bahwa kedalaman di 3 titik hampir sama, bedanya di titik 3 kedalaman sungai hanya berkisar sedalam 5 meter dibandingkan dengan titik 1 dan titik 2 sedalam 5.23 meter.

Pengukuran lebar sungai dilakukan dengan 3 kali pengulangan di setiap 3 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran sungai di titik 1 rata-rata sebesar 102,337 meter, titik 2 sebesar 105,713 meter, dan untuk titik 3 sebesar 92,870 meter. Berdasarkan hasil pengukuran lebar sungai, dapat dilihat bahwa titik 1 dan titik 2 hampir sama lebar yaitu titik 1 memiliki lebar sebesar 102,337 meter, sedangkan untuk titik 2 lebarnya sebesar 105,713 meter. Pada titik 3 mengalami pengecilan lebar sungai, lebar sungai di titik 3 hanya 92,870 meter.

Pengukuran suhu air sungai dilakukan dengan 3 kali pengulangan di setiap 3 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran suhu air sungai di titik 1 rata-rata sebesar 31 °C, di titik 2 sebesar 31,33 °C, dan di titik 3 sebesar 31 °C.

#### **2. Hasil data sekunder**

Data sekunder meliputi data kecepatan angin dan temperatur udara. Data kecepatan angin dan suhu udara, untuk tanggal 15 Agustus 2019 diperoleh dari laporan harian BMKG. Data kecepatan angin rata-rata untuk tanggal 15 Agustus 2019 sebesar 2,00 m/s, sedangkan data suhu udara rata-rata sebesar 26,9 °C.

#### **3. Hasil perhitungan data**

Hasil perhitungan data didapat dari data pengukuran. Data yang dihitung adalah luas penampang dan debit aliran sungai. Hasil data terhitung dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 berisikan informasi tentang hasil luas penampang luas dan debit aliran sungai. Hasil perhitungan luas penampang untuk titik 1 sebesar 535,56 m<sup>2</sup>, di titik 2 sebesar 553,23 m<sup>2</sup>, dan untuk titik 3 sebesar 464,35 m<sup>2</sup>.

**Tabel 1.** Hasil Pengumpulan Data

| Pengukuran       | Satuan | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 |
|------------------|--------|---------|---------|---------|
| Kecepatan Arus   | m/s    | 0,817   | 0,625   | 0,742   |
| Kedalaman Sungai | m      | 5,23    | 5,23    | 5       |
| Lebar Sungai     | m      | 102,337 | 105,713 | 92,870  |
| Suhu             | °C     | 31      | 31,33   | 31      |

**Tabel 2.** Hasil Data Perhitungan

| No | Titik   | Luas Penampang (A) m <sup>2</sup> | Kecepatan arus (v)<br>m/s | Debit aliran air Sungai (A*v)<br>m <sup>3</sup> /s |
|----|---------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| 1. | Titik 1 | 535,56                            | 0.817                     | 437,55   |
| 2. | Titik 2 | 553,23                            | 0,625                     | 345,77   |
| 3. | Titik 3 | 464,35                            | 0,742                     | 344,55   |

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Sampel Beban Pencemar Fosfat

| No. | Titik   | PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> Air (mg/L) | PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (µg/L) |
|-----|---------|--|--------------------------------------|
| 1.  | Titik 1 | 0,0470                                   | 47,0                                 |
| 2.  | Titik 2 | 0,0216                                   | 21,6                                 |
| 3.  | Titik 3 | 0,0196                                   | 19,6                                 |

Hasil perhitungan debit aliran sungai untuk titik 1 sebesar 437,55 m<sup>3</sup>/s, di titik 2 sebesar 345,77 m<sup>3</sup>/s, dan di titik 3 sebesar 344,55 m<sup>3</sup>/s. Berdasarkan hasil data perhitungan dapat dilihat bahwa, untuk debit aliran sungai mengalami penurunan yang cukup drastis yaitu lebih kurang 91,78 m<sup>3</sup>/s.

### C. Hasil Pemodelan QUAL2Kw

Pemodelan menggunakan QUAL2Kw didapatkan dengan memasukkan data-data yang ingin dimodelkan ke dalam lembar kerja yang ada di QUAL2Kw. Lembar kerja pertama yang diinput adalah lembar kerja QUAL2K, pada lembar kerja tersebut yang diinput berupa identitas dan serta pilihan koefisien menjalankan program ini.

Langkah kedua adalah mengentry kualitas air di lembar kerja *Headwater*, dimana kualitas air di hulu berdasarkan dari hasil pengambilan sampel air dilapangan. Lembar kerja *Headwater* dapat dilihat pada Gambar 3. Begitu juga mengentry hasil sampling di



tiap titik segmen pada lembar kerja WQ Data. Lembar kerja WQ Data dapat dilihat pada Gambar 4.

Data pengujian sampel beban pencemar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) berupa kualitas air sungai dari *point source* yang berasal dari aktivitas keramba ikan di bantaran sungai Kampar juga di entry pada lembar kerja point source di QUAL2Kw sedangkan untuk *non point source* di asumsikan sesuai banyaknya jumlah limbah domestik yang masuk kedalam air sungai. Data pengujian sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

QUAL2Kw

Stream Water Quality Model

Buluh Cina (12/12/2019)

Headwater and Downstream Boundary Data:

Open File

Run VBA

Run Fortran

|                |                           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Headwater Flow | 437.554 m <sup>3</sup> /s |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Gambar 3. Lembar Kerja Headwater

| Distance (km) | Cond (umhos) | ISS (mgO <sub>2</sub> /L) | DO (mgO <sub>2</sub> /L) | CBODelev (mgO <sub>2</sub> /L) | CBODelev (mgO <sub>2</sub> /L) | Norg (ugN/L) | NH4 (ugN/L) | NO3 (ugN/L) | Porg (ugN/L) |
|---------------|--------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 0.333         | data         | data                      | data                     | data                           | data                           | data         | data        | data        | 47.00        |
| 1.014         |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             | 21.60        |
| 1.348         |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             | 19.60        |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |
|               |              |                           |                          |                                |                                |              |             |             |              |

Gambar 4. Lembar Kerja WQ Data

#### D. Kalibrasi Model

Kalibrasi model bertujuan untuk mendekati data input pemodelan debit aliran dan konsentrasi fosfat. Kalibrasi model dibagi menjadi 2 yaitu kalibrasi data hidrolik dan kalibrasi data kualitas air beban pencemar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

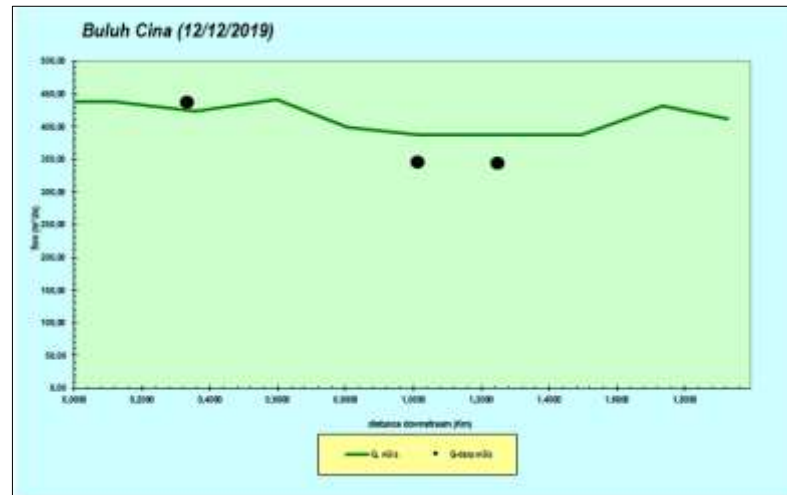
Kalibrasi model hidrolik digunakan untuk pembentukan model data hidrolik sungai berupa debit aliran sungai. Kalibrasi model debit aliran sungai dilakukan dari lembar kerja *diffuse sources*. Data yang dimasukkan kedalam *sheet* tersebut berupa data penambahan debit aliran masuk (*diffuse inflow*)  $\text{m}^3/\text{s}$  dan pengurangan debit aliran keluar (*diffuse abstraction*)  $\text{m}^3/\text{s}$ . Hasil grafik debit aliran sungai yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kalibrasi model (tren garis hijau) sudah mendekati data ukur (titik hitam). Debit aliran sungai untuk titik 1 besar debit aliran yang dihasilkan sekitar 437,554 , di titik 2 besar debit aliran sungai sebesar 345,771  $\text{m}^3/\text{s}$ , sedangkan titik 3 sebesar 344,548  $\text{m}^3/\text{s}$ .

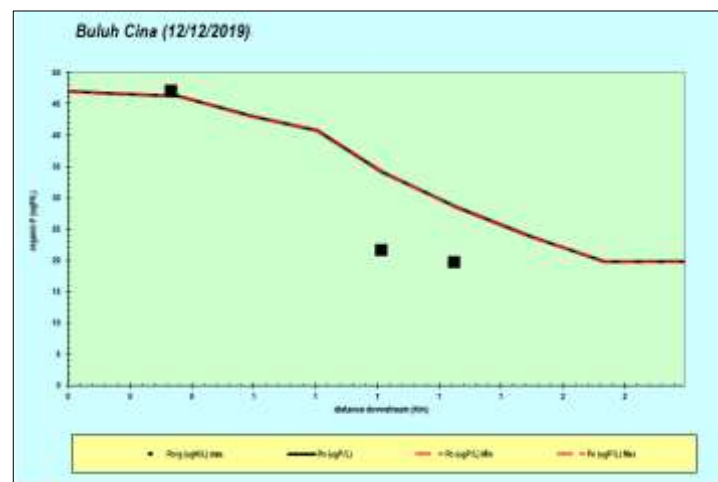
Selanjutnya kalibrasi kualitas air ditentukan oleh koefisien dari masing-masing parameter dengan cara *trial and error* pada lembar kerja *reach rates*. Dari hasil data yang di *entry* pada lembar kerja *reach rates* maka didapatkan hasil grafik kualitas air sungai untuk beban pencemar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) yang dapat dilihat pada Gambar 6 .

Gambar 6 menunjukkan informasi tentang kualitas air beban pencemar fosfat bahwa konsentrasi fosfat dititik 1 sebesar 47 $\mu\text{g}/\text{L}$ , dititik 2 sebesar 21,6 $\mu\text{g}/\text{L}$ , sedangkan dititik 3 sebesar 19,6  $\mu\text{g}/\text{L}$ . nilai fosfat pada permukaan Sungai Kampar pada semua titik masih memenuhi baku mutu air kelas II, berdasarkan PP RI Nomor 82 tahun2001 yaitu sebesar 0,2 mg/L atau 200  $\mu\text{g}/\text{L}$ . setelah kalibrasi data kualitas air sungai berhasil dilakukan *running* sehingga terbentuk tren garis (model) mendekati data ukur. Dari hasil *running* didapatkan nilai *fitness* yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 berisikan informasi tentang nilai *fitness*. Nilai *fitness* yang dihasilkan sebesar 0,6563, dimana nilai *fitness* menunjukkan kesesuaian model dengan *eksiting*.



**Gambar 5.** Grafik Model Debit aliran Sungai



**Fitness:**  
0.6563

**Gambar 6.** Grafik Model Beban Pencemar Fosfat  $\text{PO}_4^{3-}$

| QUAL2Kw                                    |             |                     |             |                         |                 |           |
|--|-------------|---------------------|-------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| Stream Water Quality Model                 |             |                     |             |                         |                 |           |
| Buluh Cina (12/12/2019)                    |             |                     |             |                         |                 |           |
| Global rate parameters                     |             |                     |             |                         |                 |           |
|  | Open File   | Run VBA             | Run Fortran | Run Auto-cal            | Fitness: 0.6562 |           |
|  |             |                     |             | Auto-calibration inputs |                 |           |
| Parameter                                  | Value       | Units               | Symbol      | Auto-cal                | Min value       | Max value |
| Stoichiometry:                             |             |                     |             |                         |                 |           |
| Carbon                                     | 40          | gC                  | gC          | No                      | 30              | 50        |
| Nitrogen                                   | 7.2         | gN                  | gN          | No                      | 3               | 9         |
| Phosphorus                                 | 1           | gP                  | gP          | No                      | 0.4             | 2         |
| Dry weight                                 | 100         | gD                  | gD          | No                      | 100             | 100       |
| Chlorophyll                                | 1           | gA                  | gA          | No                      | 0.4             | 2         |
| Inorganic suspended solids:                |             |                     |             |                         |                 |           |
| Settling velocity                          | 0.06128     | m/d                 | $v_s$       | Yes                     | 0               | 2         |
| Oxygen:                                    |             |                     |             |                         |                 |           |
| Reaeration model                           | Internal    |                     |             | (t/u h)                 |                 |           |
| Temp correction                            | 1.024       |                     | $\theta_r$  |                         |                 |           |
| Reaeration wind effect                     | None        |                     |             |                         |                 |           |
| O2 for carbon oxidation                    | 2.69        | gO <sub>2</sub> /gC | $r_{ox}$    |                         |                 |           |
| O2 for NH4 nitrification                   | 4.57        | gO <sub>2</sub> /gN | $r_{ox}$    |                         |                 |           |
| Oxygen inhib model CBOD oxidation          | Exponential |                     |             |                         |                 |           |
| Auto calibration genetic algorithm control |             |                     |             |                         |                 |           |
| Random number seed                         | 123456      | seed                |             |                         |                 |           |
| Model runs in a population (n=612)         | 100         | pop                 |             |                         |                 |           |
| Generations in the evolution               | 200         | gen                 |             |                         |                 |           |
| Digits to encode genotype (n=6)            | 6           | dig                 |             |                         |                 |           |
| Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)    | 3           | crossover           |             |                         |                 |           |
| Crossover probability (0-1)                | 0.85        | prob                |             |                         |                 |           |
| Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, or 6)        | 2           | mut                 |             |                         |                 |           |
| Initial mutation rate (0-1)                | 0.005       | prob                |             |                         |                 |           |
| Minimum mutation rate (0-1)                | 0.0005      | prob                |             |                         |                 |           |
| Maximum mutation rate (0-1)                | 0.25        | prob                |             |                         |                 |           |
| Relative fitness differential (0-1)        | 1           | rel                 |             |                         |                 |           |
| Reproduction plan (1, 2, or 3)             | 1           | rep                 |             |                         |                 |           |
| Elites (0 or 1)                            | 1           | elite               |             |                         |                 |           |
| Restart from previous evolution (0 or 1)   | 0           | restart             |             |                         |                 |           |

**Gambar 7.** Nilai *Fitness*

#### E. Perhitungan Daya Tampung

Sebelum menghitung daya tampung sungai, terlebih dahulu menghitung besar beban pencemar yang ada di sungai. Beban pencemar maksimum dan beban pencemar kondisi awal didapatkan. Hasil dari perhitungan daya tampung dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel 4 berisikan informasi tentang beban pencemar terukur ( $BP_t$ ) untuk titik 1 sebesar 20,565 kg/hari, di titik 2 sebesar 7,469 kg/hari, dan untuk titik 3 sebesar 6,753 kg/hari. Sedangkan untuk hasil perhitungan beban pencemar baku mutu ( $BP_{bm}$ ) untuk di titik 1 sebesar 87,511 kg/hari, untuk titik 2 sebesar 69,154 kg/hari, dan untuk titik 3 sebesar 68,909 kg/hari.

**Tabel 4.** Perhitungan Daya Tampung Sungai

| No | Titik   | Q      | $K_t$ | $K_{bm}$ | $BP_t$ | $BP_{bm}$ | DT     |
|----|---------|--------|-------|----------|--------|-----------|--------|
| 1  | Titik 1 | 437,55 | 0,047 | 0,200    | 20,565 | 87,511    | 66,946 |
| 2  | Titik 2 | 345,77 | 0,022 | 0,200    | 7,469  | 69,154    | 61.685 |
| 3  | Titik 3 | 344,55 | 0,020 | 0,200    | 6,753  | 68,909    | 62,156 |

Keterangan :

Q : debit aliran sungai ( $m^3/s$ )

$K_t$  : konsentrasi fosfat pada saat terukur (mg/L)

$K_{bm}$  : konsentrasi baku mutu (mg/L)

$BP_t$  : beban pencemar pada saat terukur (kg/hari)

$BP_{bm}$  : beban pencemar baku mutu (kg/hari)

DT : daya tampung sungai (kg/hari)

Kemampuan sungai untuk bisa menampung beban pencemar dapat dilihat dari hasil perhitungan yang masih bernilai positif, ini dikarenakan beban pencemar terukur masih dibawah beban pencemar baku mutu. Besarnya daya tampung beban pencemar yang sudah didapat dalam penelitian ini dapat berubah sewaktu-waktu, tetapi perubahannya tidak signifikan. Perubahan ini dapat dimodelkan dalam bentuk asumsi dari beberapa beban pencemar pada masing-masing titik.

Penambahan konsentrasi untuk beban pencemar disemua titik, diasumsikan dengan penambahan konsentrasi fosfat dikali 2,3,4 ... kali lipat sehingga melebihi batas baku mutu. Penambahan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Penambahan Konsentrasi Fosfat

| No. | Data  | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 |
|-----|-------|---------|---------|---------|
| 1   | Kbm   | 0,2     | 0,2     | 0,2     |
| 2   | $K_t$ | 0,0470  | 0,0216  | 0,0196  |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 3  | Kt*2  | 0,094 | 0,043 | 0,036 |
| 4  | Kt*3  | 0,141 | 0,065 | 0,059 |
| 5  | Kt*4  | 0,188 | 0,086 | 0,078 |
| 6  | Kt*5  | 0,235 | 0,108 | 0,098 |
| 7  | Kt*6  | 0,282 | 0,130 | 0,118 |
| 8  | Kt*7  | 0,329 | 0,151 | 0,137 |
| 9  | Kt*8  | 0,376 | 0,173 | 0,157 |
| 10 | Kt*9  | 0,423 | 0,194 | 0,176 |
| 11 | Kt*10 | 0,470 | 0,216 | 0,196 |
| 12 | Kt*11 | 0,517 | 0,238 | 0,216 |

Keterangan :

Kbm : konsentrasi baku mutu (mg/L)

Kt : konsentrasi pada saat terukur (mg/L)

Kt\*2 : Kt dengan penambahan 2 kali lipat (mg/L)

Kt\*3 : Kt dengan penambahan 3 kali lipat (mg/L)

Kt\*4 : Kt dengan penambahan 4 kali lipat (mg/L)

Kt\*5 : Kt dengan penambahan 5 kali lipat (mg/L)

Kt\*6 : Kt dengan penambahan 6 kali lipat (mg/L)

Kt\*7 : Kt dengan penambahan 7 kali lipat (mg/L)

Kt\*8 : Kt dengan penambahan 8 kali lipat (mg/L)

Kt\*9 : Kt dengan penambahan 9 kali lipat (mg/L)

Kt\*10 : Kt dengan penambahan 10 kali lipat (mg/L)

Kt\*11 : Kt dengan penambahan 11 kali lipat (mg/L)

Tabel 5 berisikan informasi tentang penambahan konsentrasi fosfat di 3 titik pengambilan sampel. Penambahan maksimum untuk titik 1 didapatkan pada penambahan 5 kali lipat dari konsentrasi awal, yaitu menjadi 0,235 mg/L. setelah penambahan konsentrasi fosfat didapatkan kemudian beban pencemar dihitung dengan penambahan konsentrasi. Hasil data perhitungan beban pencemar setelah penambahan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6** Perhitungan Beban Pencemar Setelah Penambahan Konsentrasi

| No | Data  | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 1  | Q     | 437,55  | 345,77  | 344,55  |
| 2  | BPbm  | 87,511  | 69,154  | 68,753  |
| 3  | BPt   | 20,565  | 7,469   | 6,753   |
| 4  | BPt*2 | 41,130  | 14,937  | 13,506  |
| 5  | BPt*3 | 61,694  | 22,406  | 20,259  |
| 6  | BPt*4 | 82,259  | 29,874  | 27,017  |
| 7  | BPt*5 | 102,824 | 37,343  | 33,766  |
| 8  | BPt*6 | 123,389 | 44,812  | 40,519  |
| 9  | BPt*7 | 143,954 | 52,280  | 47,272  |
| 10 | BPt*8 | 164,518 | 59,749  | 54,025  |
| 11 | BPt*9 | 185,083 | 67,218  | 60,779  |

| No | Data   | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 |
|----|--------|---------|---------|---------|
| 12 | BPt*10 | 205,648 | 74,686  | 67,5318 |
| 13 | BPt*11 | 226,213 | 82,155  | 74,423  |

Keterangan:

- Q : Debit aliran sungai ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 BPbm : Beban Pencemar pada saat baku mutu (kg/hari)  
 BPt : Beban Pencemar pada saat Kt (kg/hari)  
 BPt\*2 : Beban Pencemar pada saat Kt\*2 (kg/hari)  
 BPt\*3 : Beban Pencemar pada saat Kt\*3 (kg/hari)  
 BPt\*4 : Beban Pencemar pada saat Kt\*4 (kg/hari)  
 BPt\*5 : Beban Pencemar pada saat Kt\*5 (kg/hari)  
 BPt\*6 : Beban Pencemar pada saat Kt\*6 (kg/hari)  
 BPt\*7 : Beban Pencemar pada saat Kt\*7 (kg/hari)  
 BPt\*8 : Beban Pencemar pada saat Kt\*8 (kg/hari)  
 BPt\*9 : Beban Pencemar pada saat Kt\*9 (kg/hari)  
 BPt\*10 : Beban Pencemar pada saat Kt\*10 (kg/hari)  
 BPt\*11 : Beban Pencemar pada saat Kt\*11 (kg/hari)

Tabel 6 berisikan informasi tentang perhitungan beban pencemar setelah penambahan konsentrasi fosfat di 3 titik pengambilan sampel. Hasil perhitungan beban pencemar maksimum untuk titik 1 didapatkan pada perhitungan 5 kali lipat dari penambahan konsentrasi awal, yaitu menjadi 102,824 kg/hari.

Setelah perhitungan beban pencemar didapatkan kemudian daya tampung sungai dihitung dengan hasil perhitungan beban pencemar setelah penambahan konsentrasi. Hasil dari perhitungan daya tampung dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Perhitungan Daya Tampung Setelah Penambahan Beban Pencemar

| No | Data  | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 |
|----|-------|---------|---------|---------|
| 1  | BPbm  | 87,511  | 69,154  | 68,753  |
| 2  | BPt   | 20,565  | 7,469   | 6,753   |
| 3  | DT    | 66,946  | 61,685  | 62,156  |
| 4  | DT*2  | 46,380  | 54,217  | 55,404  |
| 5  | DT*3  | 25,815  | 46,748  | 48,650  |
| 6  | DT*4  | 5,251   | 39,279  | 41,897  |
| 7  | DT*5  | -15,314 | 31,811  | 35,144  |
| 8  | DT*6  | -35,879 | 24,342  | 28,391  |
| 9  | DT*7  | -56,444 | 16,873  | 21,637  |
| 10 | DT*8  | -77,009 | 9,405   | 14,884  |
| 11 | DT*9  | -97,574 | 1,936   | 8,131   |
| 12 | DT*10 | -118,14 | -5,532  | 1,378   |
| 13 | DT*11 | -138,70 | -13,001 | -5,375  |

Keterangan:

- BPbm : beban pencemar pada saat baku mutu(kg/hari)

BPt : beban pencemar pada saat Kt (kg/hari)  
DT : daya tampung (kg/hari)  
DT\*2 : daya tampung pada saat BP\*2 (kg/hari)  
DT\*3 : daya tampung pada saat BP\*3 (kg/hari)  
DT\*4 : daya tampung pada saat BP\*4 (kg/hari)  
DT\*5 : daya tampung pada saat BP\*5 (kg/hari)  
DT\*6 : daya tampung pada saat BP\*6 (kg/hari)  
DT\*7 : daya tampung pada saat BP\*7 (kg/hari)  
DT\*8 : daya tampung pada saat BP\*8 (kg/hari)  
DT\*9 : daya tampung pada saat BP\*9 (kg/hari)  
DT\*10 : daya tampung pada saat BP\*10 (kg/hari)  
DT\*11 : daya tampung pada saat BP\*11 (kg/hari)

Tabel 7 berisikan tentang informasi tentang perhitungan daya tampung setelah penambahan konsentrasi di 3 titik pengambilan sampel. Perhitungan daya tampung maksimum untuk titik 1 didapatkan pada perhitungan 5 kali lipat dari perhitungan beban pencemar, sehingga tidak dapat menampung beban pencemar. Sedangkan kondisi titik 2 dan 3 pada perhitungan 5 kali lipat masih dapat menerima beban pencemar.

## **KESIMPULAN**

Konsentrasi fosfat pada 3 titik pengambilan sampel masih di bawah batas baku mutu yaitu 0,2 mg/L. Besar konsentrasi untuk titik 1 sebesar 0,0470 mg/L, titik 2 sebesar 0,0216 mg/L, dan titik 3 sebesar 0,0196 mg/L. Sungai Kampar masih memiliki daya tampung dibawah ambang baku mutu khususnya beban pencemar fosfat sebesar 66,946 kg/hari pada titik 1, 61,685 kg/hari pada titik 2, dan 62,156 kg/hari pada titik 3. Beban pencemar maksimal yaitu berjumlah 4 kali lipat dari kondisi awal penelitian. Jumlah beban pencemar yang masuk lebih dari 4 kali lipat maka sungai tidak lagi dapat menampung beban pencemar.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Dalam penyelesaian penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada :

1. Ibu Sri Fitria Retnawaty, S.Si., M.T selaku pembimbing I yang telah banyak membantu, memberi arahan, saran motivasi terbaik kepada penulis untuk penyelesaian penulisan Penelitian.

2. Ibu Noni Febriani, S.T selaku pembimbing II yang selalu memberi arahan dan membantu dalam menyusun Penelitian.
3. Pak Amin Ridhoni yang telah bersedia mengajarkan penulis mengenai *Software Qual2kw*, sehingga Penulis bisa menyelesaikan mengolah data dengan baik.
4. Kak Aifat Zahiroh, S.Si, Ayu, Ficky Dara Nababan, S.Si, Rahmat Firmansyah, Munawir, dan Agung yang telah membantu dalam Pengambilan Data di Sungai Kampar Desa Buluh Cina,

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. Kota Pekanbaru Dalam Angka. Pekanbaru.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). Air dan Air Limbah – Bagian 31 : Cara Uji Kadar Fosfat dengan Spektrofotometer Secara Asam Askorbat. *Sni 06-6989.31*, 1–10.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia. (2015). *Tata Cara Pengukuran Kecepatan Aliran pada Uji Model Hidraulik Fisik (UMH-Fisik) dengan Alat Ukur Arus Tipe Baling-baling*. 10. www.bsn.go.id
- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika).2019. Laporan Iklim Harian Kabupaten Kampar 15 agustus 2019. Pekanbaru
- Hendriarianti, E. 2015. Manual Model Kualitas Air Sungai: QUAL2Kw. Surabaya: Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Surabaya.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 110 Tahun 2003. Tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air. Jakarta: Depdiknas.
- Kurniawan B. 2013. Kajian Daya Tampung Beban Pencemar Air Untuk Penataan Ruang:. Buletin Tata Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Edisi Mei-Juni 2013.
- Ndani, dan L. P. L. Mirata. 2016. Penentuan Kadar Senyawa Fosfat di Sungai Way Kutipan dan Way Kuda Dengan Spektrofotometer UV-VIS. Tugas Akhir. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Notoatmodjo, S. 2002. Metode Penelitian Kesehatan. Rineke cipta, Jakarta, 207 hal.
- Pelletier-G. dan S. Chapra. 2008. QUAL2Kw Theory and Documentation (Versionst) : a Modelling Framework Of Simulating River and Stream Water Quality. Washington.
- Pelletier G, Chapra, dan Hua-Tao, 2005. QUAL2Kw Framework For Modelling Water Qualityin Stream And Rivers Using A Genetic Algorithm For Calibration. Env. Mod & Soft. J. Wangsington.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Depdiknas.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 35 Tahun 1991. Tentang Sungai. Jakarta: Depdiknas.



- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Depdiknas
- Segara, M. R. N. 2013. Identifikasi dan Prediksi Kualitas Air di Kali Bokor Surabaya Menggunakan Metode Qual2Kw. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Syofyan, I., & Nasution, P. (2011). Studi Kualitas Air Untuk Kesehatan Ikan Dalam Budidaya Perikanan Pada Aliran Sungai Kampar Kiri. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 161(April), 64–70.
- Sudjana. 1996. Metode Statistik. Jakarta : Erlangg